УДК 531+53.081.5+006.91
DOI: 10.17586/0021-3454-2024-67-5-445-454

ПРОБЛЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПО ЕЕ РАЗМЕРНОСТИ

В. Г. Терещенко

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия
tereshvg@yandex.ru

Аннотация. Исследуется возможность выражения смысла физической величины с помощью размерности и единицы измерения. Показано, что для создания науки о величинах, работы компьютерных программ и искусственного интеллекта нужна классификация величин по смысловым признакам. Цель статьи — показать непригодность единиц измерения и их размерностей для идентификации величин и необходимость разработки иного способа классификации величин по их смыслу. На примерах проверяется возможность передать смысл физической величины при помощи возведенной в некоторую степень размерности или единицы измерения основной величины. Все рассмотренные примеры дали отрицательные результаты. Выявлена особенность величины „длина“ в вопросе образования размерности производной величины путем возведения размерности основной величины в степень. Эта особенность объясняется возможностью объединения длины с различными направлениями в пространстве. Возведение размерности длины в степень подменяет операции с векторами. Случаи возведения в степень других размерностей являются бессмысленными фрагментами и не соответствуют какой-либо величине, принятой в науке. Рекомендуется направить усилия на изучение и формализацию связей между самими величинами, объединив подходы в таких науках, как метрология, физика, математика, теория познания.

Ключевые слова: *размерность величины, единица измерения, система величин, вектор, физический смысл, искусственный интеллект, определительное уравнение*

Ссылка для цитирования: *Терещенко В. Г.* Проблема идентификации физической величины по ее размерности // Изв. вузов. Приборостроение. 2024. Т. 67, № 5. С. 445–454. DOI: 10.17586/0021-3454-2024-67-5-445-454.

THE PROBLEM OF IDENTIFYING A PHYSICAL QUANTITY BY ITS DIMENSION

V. G. Tereshchenko

North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia
tereshvg@yandex.ru

Abstract. The possibility of expressing the meaning of a physical quantity using dimension and unit of measurement is explored. It is shown that in order to create a science of quantities, for the operation of computer programs and artificial intelligence with the meaning of quantities, a classification of quantities according to semantic criteria is needed. The purpose of the article is to show the unsuitability of units of measurement and their dimensions for identifying quantities and the need to develop a different way of classifying quantities according to their meaning. Using examples, the possibility to convey the meaning of a physical quantity by raising dimension or unit of measurement of the basic quantity to a certain power is tested. All considered examples gives negative results. A peculiarity of the quantity “length” has been revealed in the matter of forming the dimension of a derivative quantity by raising the dimension of the main quantity to a power. This feature is explained by the possibility of combining length with different directions in space. Raising the length dimension to a power replaces operations with vectors. Cases of exponentiation of other dimensions are meaningless fragments and do not correspond to any value accepted in science. It is recommended to direct efforts to study and formalize the connections between the quantities themselves, combining the approaches of such sciences as metrology, physics, mathematics, and theory of knowledge.

Keywords: *quantity dimension, measurement units, system of quantities, vector, physical meaning, artificial intelligence, defining equation*

For citation: Tereshchenko V. G. The problem of identifying a physical quantity by its dimension. *Journal of Instrument Engineering*. 2024. Vol. 67, N 5. P. 445–454 (in Russian). DOI: 10.17586/0021-3454-2024-67-5-445-454.

Введение. Одна из задач, до сих пор не освоенных компьютерными программами и искусственным интеллектом, — это работа с физическим смыслом величин, выявление законов природы и разработка физико-математических моделей. Компьютерные программы достигли больших успехов в математике, однако в математике величины не имеют размерностей, смысл величин по-прежнему обрабатывает человек. Люди и сами не знают, как открываются физические законы, каков алгоритм создания физических формул и уравнений, при этом большая роль отводится интуиции ученого.

В самой метрологии „прежде чем представить результат измерения, важно адекватно описать измеряемую величину“, как говорится в действующей версии Брошюры СИ*. Точно и однозначно идентифицировать величину по ее смыслу можно будет, когда будет выполнена классификация величин. Классификация должна быть формализована, т. е. выражена в специальной системе символов и знаков, отображающей закономерности взаимосвязи между величинами. Классификация есть в химии, биологии, других науках. Классификация составляет основу любой науки. Но в науке о физических величинах до сих пор нет достойной классификации — это говорит о том, что наука о величинах окончательно еще не сформирована. Она может сформироваться на стыке метрологии, физики, математики и теории познания.

Для работы со смыслами физических величин необходимо эти смыслы формализовать. За помощью в составлении формул и в проверке правильности их составления обычно обращаются к известному методу анализа размерностей [1, 2]. Этот метод базируется на понятиях основных и производных величин или основных и производных единиц. Используют оба понятия, поскольку по определению VIM-3 [3] основная единица — это единица измерения, принятая по соглашению для основной величины. Выбирают основные величины и соответствующие основные единицы в разных системах по-разному, руководствуясь „удобством“. Действующая версия Брошюры СИ фактически сдает в архив разделение единиц на основные и производные: „Определение SI путем фиксирования числовых значений семи определяющих констант приводит к тому, что это различие, в принципе, больше не требуется, поскольку все единицы, как основные, так и производные, могут быть выведены непосредственно из определяющих констант“. Таким образом, для метрологии (в области измерений) концепция основных и производных единиц сохраняется только потому, что „она полезна и исторически хорошо обоснована“, но для анализа размерностей она по-прежнему является базовой.

При использовании метода анализа размерностей нужно заранее перечислить факторы, влияющие на исследуемое явление. Способ или алгоритм выбора факторов отсутствует, выбор производится на основе интуиции исследователя. Анализ размерностей не распространяется на величины с размерностью „один“, на безразмерные множители. Во всех известных системах величин присутствуют одноименные величины, размерности которых совпадают, единицы измерения тоже совпадают, а физический смысл не совпадает. Для анализа размерностей часто не хватает основных единиц в системе. Эти и другие недостатки анализа размерностей не позволяют полноценно использовать его для работы с физическим смыслом величин.

Проблемы идентификации величин. В научных журналах, посвященных проблемам метрологии, вплоть до настоящего времени активно обсуждаются сложности и ошибки, возникающие при попытках использовать Интернациональную систему величин или Интернациональную систему единиц для классификации величин по их физическому смыслу, для идентификации величин и для программ компьютерной алгебры [4–13]. Метрологи обращают внимание на частные случаи совпадения единиц измерения у величин разного рода, на примеры таких единиц измерения, по которым невозможно угадать смысл величины. Во многих статьях рассматриваются проблемы, возникающие из-за того, что векторные величины в SI имеют такие же размерности и единицы измерения, как их модули [4]. С момента принятия SI до настоящего времени много споров вызывают единицы измерения и размерности угла и телесного угла, а также производных от них величин [5, 6]. Совпадение единиц измерения, а также размерностей работы и момента силы, скорости покрытия площади и кинематической вязкости и т. д. рассма-

* Международная система единиц (SI). Изд. 9-е. 2019. Bureau International des Poids et Mesures. Перевод на русский язык. Издание подготовлено Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

тривается в [3, 4], величин с размерностью „единица“ — в [7, 8, 11, 13], относительных величин, количества вещества и количества объектов — в [4, 9, 10, 12, 13]. Много сказано о путанице, возникающей вокруг единиц измерения „$с^{-1}$“, и об „исчезающих“ единицах измерения „один“ для количества объектов [7–13].

Какие методы решения проблемы предлагают авторы публикаций? Поиск способов идентификации ведется зачастую для отдельных величин, а не для системы SI в целом и не для всех возможных систем величин. Поиск ведется в рамках метрологии, т. е. посредством работы с единицами измерения: перевода единицы измерения из производных в основные или наоборот, изменения или добавления названия и обозначения единиц измерения. Обсуждаются варианты более подробного дополнительного словесного описания результатов измерения [8]. В [4] предлагается определять производные единицы только с помощью определений их величин и основных единиц системы, запретив упрощать единицы измерения алгебраически. Автор работы [7] считает, что обеспечить уникальный способ идентификации каждого рода величины не могут ни размерности, ни названия единиц измерения. Многие авторы обращаются к основам алгебры размерностей [14, 15], философски осмысливают новую редакцию СИ [16] и торопятся задействовать компьютеры для развития научной интуиции исследователей [17].

Разные варианты предлагаются в течение многих десятилетий, но решения до сих пор так и не найдены. Нужно ли и дальше продолжать попытки в том же духе, или следует искать иные способы формальной классификации физических величин? В настоящей статье предпринята попытка выяснить, могут ли в принципе единицы измерения и размерности отображать физический смысл величины. От ответа на этот вопрос зависит выбор пути решения проблемы. Цель работы — показать непригодность единиц измерения и их размерностей для идентификации величин и необходимость разработки иного способа классификации величин по их смыслу. Всеобъемлющее исследование способов классификации не является целью данной короткой статьи. Тем более, не предлагаются решения всех частных вопросов идентификации конкретных величин.

Методы. Чтобы понять, можно ли применять для идентификации величины выражение ее размерности через размерности основных величин, рассмотрим принцип образования размерности производной величины. Аналогично рассмотрим принцип образования производной единицы. Как сказано в Международном словаре по метрологии VIM 3 [3, п. 1.10], „В любой когерентной системе единиц существует только одна основная единица для каждой основной величины“. Поэтому принципы образования производных единиц и их размерностей — одинаковые, они изложены в VIM 3, в рекомендациях по межгосударственной стандартизации РМГ 29-2013*, в 9-м издании Брошюры СИ и в многочисленных научных и учебных изданиях. В действующей версии Брошюры СИ (п. 2.3.3) записано, что производные величины „могут быть выражены через основные величины в соответствии с уравнениями физики. Размерности производных величин записываются в виде произведений степеней размерностей основных величин с помощью уравнений, которые связывают производные величины с основными. В общем случае размерность любой величины Q записывается в виде размерного произведения:

$$\mathrm{dim}Q = \mathsf{T}^{\alpha}\mathsf{L}^{\beta}\mathsf{M}^{\gamma}\mathsf{I}^{\delta}\Theta^{\varepsilon}\mathsf{N}^{\zeta}\mathsf{J}^{\eta}, \tag{1}$$

где показатели степени α, β, γ, δ, ε, ζ и η, которые в основном являются малыми целыми числами и могут быть положительными, отрицательными или нулевыми, называются показателями размерности“; далее (п. 2.3.4): „Производные единицы определяются как произведения степеней основных единиц“.

Кроме Международной системы величин ISQ, опубликованной в сериях международных стандартов ISO 80000 и IEC 80000 „Quantities and Units“, на которой основана Международная система единиц (SI), созданы и другие системы величин. Системы величин различаются набором

* РМГ 29-2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ. 2014.

основных величин. Но во всех известных системах величин применяется такой же принцип построения формулы размерности и такой же принцип определения производных единиц.

Этот принцип появился из стремления создать систему когерентных единиц. Иными словами, решалась задача упрощения формул и уравнений за счет минимизации количества переводных коэффициентов между единицами взаимосвязанных величин разного рода [18]. Формула связи вида (1) между единицами основных величин и единицей производной величины позволяет легко установить, во сколько раз изменится единица производной величины при изменении единицы основной величины в заданное число раз. Производные единицы вместе с основными единицами, из которых они образуются без переводных коэффициентов (с коэффициентами, равными единице), составляют группу когерентных единиц. Как сказано в VIM-3 [3, п. 1.14, прим. 2], „Для когерентной системы единиц уравнения связи между численными значениями имеют такой же вид, включая численные коэффициенты, как и соответствующие уравнения связи между величинами“. При разработке формулы (1) не ставились задачи отображения физического смысла, классификации и идентификации величин. .

По мнению советского физика Л. А. Сена [19], слово „размерности“ следует связывать только со словом „единицы“, а не со словом „величины“. В [19] достаточно убедительно показано, что понятие „размерность физической величины“ лишено всякого смысла и может применяться только как разговорное сокращение понятия „размерность единицы данной физической величины, в рамках данной системы единиц“. Можно согласиться с тем, что размерности, определяемые по формуле (1), являются по сути размерностями единиц, а не величин. И если в дальнейшем будут предложены формулы образования самих производных величин, то, во избежание путаницы, называть их также размерностями или формулами размерности не нужно.

Уравнения физики не ограничены действиями умножения, деления и возведения в степень скалярных физических величин. В них встречаются показательные, логарифмические, тригонометрические и обратные тригонометрические функции, векторное и скалярное произведения векторов, умножение и деление вектора на скаляр. Однако в формулах размерностей типа (1) невозможно отобразить соответствующие этим функциям связи между величинами. Нет соответствующих связей и между единицами измерения. По этому ограничению уже понятно, что с помощью формул размерности или выражений для единиц измерения невозможно, в общем случае, передать смысл физической величины. Очень много величин разного рода (разного смысла) остаются абсолютно не распознанными при помощи размерностей и единиц измерения. Таким величинам присваивают размерность „один“ и единицу измерения „один“, называют их безразмерными или безразмерностными (VIM-3).

Но, может быть, возведение размерности или единицы измерения основной величины в некоторую степень соответствует по смыслу образованию реальной производной физической величины? Проверим это на примерах.

Вторая степень длины. Размерность L^2 и единица измерения „м^2“ буквально должны соответствовать умножению скалярной величины „длина“ самой на себя или произведению двух скалярных величин рода „длина“. Но эта размерность присваивается величине „площадь“. Площадь параллелограмма **A** в аналитической геометрии представляется векторной величиной, ее можно вычислить, например, с помощью векторного произведения векторов длины

$$\mathbf{A} = \mathbf{l}_1 \times \mathbf{l}_2, \tag{2}$$

где векторы $\mathbf{l}_1$ и $\mathbf{l}_2$, соответствующие сторонам параллелограмма, обязательно должны различаться по направлению и, в общем случае, различаются по модулю.

Модуль площади параллелограмма

$$A = l_1 l_2 \sin\alpha \tag{3}$$

вычисляется с помощью функции „sin“, которая не отображается ни в единицах измерения, ни в формулах размерностей. Модуль площади круга

$$A_{\text{к}} = (\pi/4)d^2 \tag{4}$$

вычисляется с использованием множителя π/4, для которого ни в одной известной системе величин нет размерности и единицы измерения.

В данном примере приходим к выводу, что вторая степень размерности длины, как и вторая степень единицы длины, не в полной мере соответствует смыслу величины „площадь“. Как выразился Л. А. Сена [19, с. 22], „… для второй степени длины, т. е. произведения длины на длину, трудно предложить конкретный физический смысл“.

В [4] рассмотрен пример другой величины с размерностью L^2. Это среднее значение линейной нормы объемного расхода топлива дорожным транспортным средством:

$$c = V/l, \tag{5}$$

где V — объем топлива, израсходованного на пути длиной l.

Формула (5) использовалась как определяющее уравнение для записи формулы размерности производной величины c. Объем V заменили на третью степень длины ребра l_1 куба и получили

$$c = l_1^3/l_2, \tag{6}$$

где l_2 — пройденное транспортным средством расстояние; длинам в числителе и знаменателе автор [4] присвоил разные индексы, поскольку эти величины задаются независимо. Но обозначения размерностей не предусматривают аналогичных нюансов смысла и сокращаются:

$$\dim c = \frac{\mathsf{L}^3}{\mathsf{L}} = \mathsf{L}^2. \tag{7}$$

Поэтому размерностью линейной нормы объемного расхода топлива стала вторая степень длины, а единицей измерения — квадратный метр. Величины разного рода — расход топлива и площадь — имеют одинаковые размерности и единицы измерения. Автор работы [4] предлагает не упрощать выражения единиц измерения, но проблему идентификации это не решит. Нужно отметить, что размерность L^2 и единица измерения „м^2“ не отображают смысла вообще никакой определенной величины, никакого определенного рода величин (в том числе и площади). И это наблюдается в любой системе величин.

Третья и четвертая степени длины. Размерность L^3 и единица измерения „м^3“ буквально должны соответствовать двойному умножению скалярной величины „длина“ самой на себя, или, хотя-бы, соответствовать произведению трех скалярных величин рода „длина“. Все это лишено смысла. А во многих системах размерность L^3 и единицу измерения „м^3“ присваивают величине „объем“. Но объем параллелепипеда в аналитической геометрии получается смешанным произведением трех некомпланарных векторов

$$V = \mathbf{l}_1 \times \mathbf{l}_2 \cdot \mathbf{l}_3, \tag{8}$$

где векторы $\mathbf{l}_1$, $\mathbf{l}_2$ и $\mathbf{l}_3$, соответствующие сторонам параллелепипеда, обязательно должны различаться по направлению и, в общем случае, различаются по модулю. При вычислении числового значения объема параллелепипеда используются функции „sin“ и „cos“, которые не отображаются ни в единицах измерения, ни в формулах размерностей. Объем шара определяется с использованием числового коэффициента, который не отображается в размерности и в единице измерения. В этом примере приходим к выводу, что третья степень размерности длины, как и третья степень единицы длины, не в полной мере соответствует смыслу величины „объем“. Заметим, что эту же размерность и единицу измерения имеют еще такие разные по смыслу величины, как статический момент сечения относительно оси, момент сопротивления при изгибе, полярный момент сопротивления. Иными словами, по размерности L^3 и единице измерения „м^3“ невозможно угадать род величины, определить ее смысл.

Размерность L^4 и единицу измерения „м^4“ имеют такие разные по смыслу геометрические характеристики поперечных сечений, как осевые моменты инерции, центробежный момент инерции, полярный момент инерции, т. е., определенного смысла конкретного рода величины размерность L^4 и единица измерения „м^4“ не несут.

Объединение длины и направления. Длину можно рассматривать как скалярную величину, когда измеряется длина гибкой нити, которую можно как угодно изогнуть, выпрямить в любом направлении или свернуть в клубок. Умножение скалярной длины нити самой на себя не приводит к определению какого-либо свойства этой нити или свойства иного объекта или явления. Размерностям L^2, L^3, L^4, понимаемым в точном соответствии с записями этих формул, не соответствует никакая осмысленная величина.

Можно рассматривать векторы длины, например векторы, проведенные из базовой точки детали к другим ее характерным точкам. Эти векторы могут различаться направлением и длиной. Присваивать им одну и ту же размерность L — значит, скрывать смысловые различия. Возводить размерность вектора в какую-либо степень — значит, игнорировать, искажать математические действия в определительном уравнении.

Давно известны предложения по введению разных размерностей и разных единиц измерения длины в разных направлениях [2] при решении задач анализа размерностей. По свидетельству Г. Хантли [2], идея этого метода была предложена в 1892 г. В. Вильямсом*. При разложении размерности длины по трем взаимно перпендикулярным направлениям вводились векторные единицы длины и размерности L_x, L_y, L_z. При сложении этих векторов образуется векторная единица длины и размерность L_v. Размерность площади была выражена как $\mathsf{L}_x\mathsf{L}_y$, $\mathsf{L}_y\mathsf{L}_z$ или $\mathsf{L}_z\mathsf{L}_x$, что лучше отображает смысл, чем L^2.

Но в метрологии такие предложения могут быть восприняты, как попытка различать метры горизонтальные и метры вертикальные, т. е. как попытка нарушить принцип унификации единиц измерения. Нужно помнить о различии между размерностью величины и размерностью единицы измерения величины. Г. Хантли, утверждая, что „должно существовать вполне определенное соответствие между физическими величинами и их формулами размерности“ [2], явно имеет в виду размерности не единиц, а самих величин. Размерности единиц, образуемые по принципу формулы (1), не могут удовлетворять этому требованию.

Чтобы понять различия смысла нескольких разных величин, имеющих в СИ одинаковую размерность, например L^3, нужно сравнивать направления измерений длины. Но в СИ отсутствует величина „направление“. В [2] Г. Хантли пишет, что „направление является такой же основной характеристикой (например, момента), как длина, масса и время. Кроме того, эта величина не зависит от остальных основных величин“, однако он не вводит еще одну основную величину „направление“ в систему величин. Дело в том, что связь направления с длиной в векторе не выражается известными действиями математики, в том числе действиями уравнения (1). В векторе направление *объединяется* с длиной. В предыдущих работах автора настоящей статьи [20, 21] предложено рассматривать направление как основную величину в системе самих величин, присвоить ей размерность „D“ от слова „direction“ — „направление“. „D“ — это условное обозначение рода самой величины, а не размерность единицы измерения. В формализации связей между самими величинами потребовалось ввести особое действие „объединение направления и длины“. Было предложено [20] обозначить объединение символом „◦“, называемым „White Bullet“ в программе Word, а в редакторе формул называемым „композиция“. Смысл данного символа в предлагаемом обозначении размерности величины иной, нежели в обозначении произведения Адамара в операциях с матрицами или в обозначении композиции (суперпозиции) функций. Размерность радиус-вектора как величины, а не размерность его единицы измерения, т. е. ус-

---

* *Williams W.* On the relation of the dimensions of physical quantities to directions in space // The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 1892. Vol. 34 (208). P. 234–271.

ловное обозначение самой величины „радиус-вектор“ записывается как D∘L. Предусмотрены действия векторного и скалярного умножения для таких размерностей. Это позволяет адекватно отобразить смысл векторных уравнений с помощью выражений для размерностей самих величин. Образование производной величины путем возведения основной величины в какую-либо степень в разрабатываемой в [20] системе самих величин не предусмотрено.

Возведение размерностей других величин в степень. ГОСТ 8.417-2002 определяет L^2 как размерность площади и L^3 как размерность объема или вместимости. Как здесь уже говорилось, эти размерности фактически являются размерностями единиц измерения и им соответствуют по несколько величин, имеющих разный смысл, т. е. разного рода, а причина совпадений — в игнорировании различий направлений у длины.

Не менее интересно то, что размерность длины оказывается уникальной в вопросе возведения в степень. Примеры образования размерности единицы производной величины возведением в положительную степень размерности какой-либо другой основной единицы СИ (M, T, I, Θ, N, J) или какой-либо производной единицы СИ отсутствуют. Только примеры с размерностью длины L можно найти в ГОСТ 8.417-2002, в справочниках, учебниках, научных статьях и монографиях. Так как направление непосредственно объединено только с одной основной величиной из системы СИ — с длиной L, то можно сделать вывод, что различия направлений длины породили этот эффект якобы возведения в степень. Как сказано в [21] применительно ко второй степени, „Мы пытаемся найти пример осмысленной производной физической величины, полученной возведением какой-либо величины во вторую степень, а не бессмысленный фрагмент, вырванный из контекста формулы. Но найти такой пример невозможно“. Без всяких оговорок можно распространить этот вывод на любую положительную степень, кроме первой, разумеется.

Например, можно найти фрагмент в виде времени в квадрате t^2 в составе формулы пути $l = at^2/2$, который пройден с постоянным ускорением a при отсутствии начальной скорости. Но величины с размерностью T^2 нет в справочниках и научной литературе. T^2 следует рассматривать как размерность единицы измерения фрагмента, не обладающего самостоятельным физическим смыслом. Такой фрагмент не выражает определенного свойства какого-либо явления, т. е. не может быть назван физической величиной. „Этот фрагмент не образован умножением времени самого на себя. Он возник в результате интегрирования скорости at по времени t как часть выражения для производной величины“ [21].

Аналогично можно рассмотреть пример возведения в степень *производной величины*, ее единицы измерения, а также размерности ее единицы измерения. Производная величина — скорость v —присутствует во второй степени в формуле кинетической энергии $mv^2/2$, где m — масса. Можно выделить из формулы фрагмент v^2 с размерностью единиц измерения $(\mathsf{L}/\mathsf{T})^2 = (\mathsf{L}^2/\mathsf{T}^2)$. Но этот фрагмент не образован умножением скорости самой на себя, а является частью результата интегрирования импульса mv по скорости v. Не существует самостоятельной величины „скорость в квадрате“ как особого свойства какого-либо явления.

Отрицательные степени размерностей. Приведем некоторые примеры отрицательной степени размерности. С помощью минус первой степени размерности L основной величины „длина“ в СИ выражают размерности волнового числа и линейного коэффициента ослабления излучения: $\mathsf{L}^{-1} = 1/\mathsf{L}$. С помощью минус первой степени размерности T основной величины „время“ в СИ выражают размерности угловой скорости, частоты, активности нуклида в радиоактивном источнике: $\mathsf{T}^{-1} = 1/\mathsf{T}$. В таких случаях подразумевается наличие в числителе размерности „1“ (единица). Иными словами, размерность такой производной величины образована не возведением в степень размерности основной величины, а делением одной размерности на другую. Сама производная величина тоже не образована возведением в степень одной основной величины, например длины или времени. Эти производные величины образованы делением угла, или относительного ослабления излучения, или количества повторяющихся событий на длину или время. Не будем перечислять здесь все величины, имеющие в СИ размерность „1“, которая может занять место в числителе формулы размерности.

Аналогично, размерность единицы измерения углового ускорения T^{-2} подразумевает в числителе размерность угла (единица), а не образуется возведением размерности времени в минус вторую степень. Формула размерности единицы углового ускорения T^{-2} не передает смысла величины, не соответствует словесному определению этой величины и определительному уравнению.

Размерность основной величины в какой-либо отрицательной степени может быть несамостоятельной частью формулы размерности производной величины. Например, в размерности ускорения LT^{-2} имеется фрагмент T^{-2}, которому не соответствует самостоятельная величина как свойство явления. Действие возведения размерности основной величины во вторую отрицательную степень не отображает действий с величинами при образовании производной величины.

Все сказанное о размерностях единиц можно повторить применительно к системным единицам измерения.

Заключение. С помощью единиц измерения или размерностей единиц невозможна полная классификация и идентификация величин по их физическому смыслу. На основе только лишь соображений соответствия единиц измерения или размерностей единиц невозможно составление уравнений и отсутствует гарантия проверки уравнений. Научный поиск следует направить на выявление связей между самими величинами, закономерностей образования самих величин, привлекая и развивая теорию познания и современный математический аппарат.

Современная теория анализа размерностей — это теория анализа размерностей единиц, а не величин. Поэтому требовать от нее классификации и идентификации самих величин и правильного отображения физического смысла величин невозможно.

Если нужно понять, как взаимосвязаны сами величины, а не их единицы измерения, если требуется выразить эту взаимосвязь в виде особой специальной формулы, если нужно классифицировать и идентифицировать сами величины по их смыслу, если предполагается дать компьютерной программе способность оперировать со смыслами величин, то необходимо следующее. Нужно понять, что размерности, определяемые как произведение степеней сомножителей, — это размерности единиц, они отображают взаимосвязь единиц измерения и не являются размерностями самих величин. Правила образования когерентных производных единиц не являются правилами образования производных величин. Следует признать, что действительные правила образования производных величин не сформулированы до сих пор. Отсутствие формулы для размерности самой величины, подмена ее формулой размерности единицы величины создает проблемы в течение десятков лет, и никакие частные случаи не будут решены, пока не будет преодолено это препятствие. Нужно осознать, что существует актуальная задача выявления связей между самими величинами. У этих связей иные закономерности, нежели у связей между единицами измерения. Цель данной публикации можно считать достигнутой, если автору удалось хотя бы зародить сомнение читателя в применимости единиц измерения и размерностей единиц для классификации и идентификации величин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bridgman P. W.* Dimensional analysis. New Haven, Yale University Press, 1932.
2. *Huntley H. E.* Dimensional analysis. N. Y.: Dover Publication, Inc., 1967. 158 p.
3. Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины: Пер. с англ. и фр. / ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, Белорус. гос. ин-т метрологии. Изд. 2-е, испр. СПб: НПО „Профессионал“, 2010. 82 с.
4. *Emerson W. H.* On the algebra of quantities and their units // Metrologia. 2004. Vol. 41, N 6. L33–L37. DOI:10.1088/0026-1394/41/6/L02.
5. *Jacques E.* Romain Angle as a fourth fundamental quantity // Journal of Research of the National Bureau of Standards-B. Mathematics and Mathematical Physics. 1962. Vol. 66B, N 3.
6. *Mohr P. J.* et al. On the dimension of angles and their units // Metrologia. 2022. Vol. 59, N 5. DOI: 10.1088/1681-7575/ac7bc2.

7. *Hall B. D.* The Problem with 'Dimensionless Quantities' // MODELSWARD — 10th Intern. Conf. on Model-Driven Engineering and Software Development. 2022 [Электронный ресурс]: https://orcid.org/0000-0002-4249-6863
8. *Brown R. J. C.* A metrological approach to quantities that are counted and the unit one // Metrologia. 2021. Vol. 58, N 3. DOI: 10.1088/1681-7575/abf7a4.
9. *Brown R. J. C., Brewer P. J.* What is a mole? // Metrologia. 2020. Vol. 57, N 6. DOI:10.1088/1681-7575/ab9db7.
10. *Brown R. J. C.* The evolution of chemical metrology: distinguishing between amount of substance and counting quantities, now and in the future // Metrologia. 2018. Vol. 55. L25–33 [Электронный ресурс]: https://orcid.org/0000-0001-6106-0996.
11. *Mohr P. J., Phillips W. D.* Dimensionless units in the SI // Metrologia. 2014. Vol. 52. P. 40–47. DOI: 10.1088/0026-1394/52/1/40.
12. *Güttler B.* et al. Amount of substance and the mole in the SI // Metrologia. 2019. Vol. 56. 044002. DOI: 10.1088/1681-7575/ab1fae.
13. *Cooper G., Humphry S. M.* The ontological distinction between units and entities // Synthese. 2012. N 187. P. 393–401. DOI: 10.1007/s11229-010-9832-1.
14. *Raposo A. P.* The algebraic structure of quantity calculus // Measurement Science Rev. 2018. N 4. P. 147–157.
15. *Raposo A. P.* The Algebraic Structure of Quantity Calculus II: Dimensional Analysis and Differential and Integral Calculus // Measurement Science Rev. 2019. N 70–78. DOI: 10.2478/msr-2019-0012.
16. *de Courtenay N., Darrigol O., Schlaudt O.* The Reform of the International System of Units (SI). Philosophical, Historical and Sociological Issues. London: Routledge, 2019. 220 p. DOI: 10.4324/9781351048989
17. *Pascal F.* et al. Scientific intuition inspired by machine learning-generated hypotheses // Machine Learning: Science and Technology. 2021. Vol. 2. P. 025027 [Электронный ресурс]: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2632-2153/abda08.
18. *Терещенко В. Г.* Состояние вопроса систематизации величин // Актуальные проблемы инженерных наук: Материалы X (67-й) ежегодной науч.-практ. конф. Северо-Кавказского федерального университета. Ставрополь, 2023. С. 335–337.
19. *Сена Л. А.* Единицы физических величин и их размерности: Учебно-справ. рук-во. М.: Наука, 1988. 432 с.
20. *Терещенко В. Г.* О размерностях векторных величин в механике // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. 2023. № 20. С. 40–45. DOI: 10.26160/2658-3305-2023-20-40-45.
21. *Терещенко В. Г.* О несоответствии смысла определительного уравнения формуле размерности на примерах математического действия возведения в квадрат // Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. „Фундаментальные основы механики", 20 окт. 2023 г. СПб: НИЦ МС, 2023. № 12. 166 с. DOI: 10.26160/2542-0127-2023-12-23-27.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Владимир Григорьевич Терещенко — канд. техн. наук, доцент; Северо-Кавказский федеральный университет, Инженерный институт; кафедра технической эксплуатации автомобилей; доцент; E-mail: tereshvg@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.12.2023; одобрена после рецензирования 20.12.2023; принята к публикации 22.03.2024.

REFERENCES

1. Bridgman P. W. *Dimensional analysis*, New Haven, Yale University press, 1932.
2. Huntley H. E. *Dimensional analysis*, NY, Dover Publication, Inc., 1967, 158 p.
3. International Vocabulary of Metrology — Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM) Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG2), 2008, https://ncc.nesdis.noaa.gov/documents/documentation/JCGM_200_2008.pdf.
4. Emerson W. H. *Metrologia*, 2004, no. 6(41), pp. L33–L37, DOI: 10.1088/0026-1394/41/6/L02.
5. Jacques E. *Journal of Research of the National Bureau of Standards-B. Mathematics and Mathematical Physics*, 1962, no. 3(66B).
6. Mohr P. J. et al. *Metrologia*, 2022, no. 5(59), https://doi.org/10.1088/1681-7575/ac7bc2.
7. Hall B. D. *MODELSWARD, 10th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development*, 2022, https://orcid.org/0000-0002-4249-6863.
8. Brown R. J. C. *Metrologia*, 2021, no. 3(58), https://doi.org/10.1088/1681-7575/abf7a4.
9. Brown R. J. C., Brewer P. J. *Metrologia*, 2020, no. 6(57), https://doi.org/10.1088/1681-7575/ab9db7.
10. Brown R. J. C. *Metrologia*, 2018, no. 55, pp. L25–33, https://orcid.org/0000-0001-6106-0996.
11. Mohr P. J., Phillips W. D. *Metrologia*, 2014, vol. 52, pp. 40–47, DOI: 10.1088/0026-1394/52/1/40.

12. Güttler B. et al. *Metrologia*, 2019, vol. 56, pp. 044002, https://doi.org/10.1088/1681-7575/ab1fae.
13. Cooper G., Humphry S. M. *Synthese*, 2012, no. 187, pp. 393–401, DOI: 10.1007/s11229-010-9832-1.
14. Raposo A. P. *Measurement Science Review*, 2018, no. 4, pp. 147–157.
15. Raposo A. P. *Measurement Science Review*, 2019, pp. 70–78, DOI: 10.2478/msr-2019-0012.
16. de Courtenay N., Darrigol O., Schlaudt O. The Reform of the International System of Units (SI). *Philosophical, Historical and Sociological Issues*, Routledge, London, 2019, 220 p., https://doi.org/10.4324/9781351048989.
17. Pascal F. et al. *Machine Learning: Science and Technology*, 2021, vol. 2, pp. 025027, https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2632-2153/abda08.
18. Tereshchenko V. G. *Aktual'nyye problemy inzhenernykh nauk (Current Problems of Engineering Sciences), Materials of the X (67th) Annual Scientific and Practical Conference of the North Caucasus Federal University*, Stavropol, 2023. pp. 335–337. (in Russ.)
19. Sena L. A. *Edinicy fizicheskix velichin i ix razmernosti (Units of Physical Quantities and Their Dimensions)*, Moscow, 1988, 432 p. (in Russ.)
20. Tereshchenko V. G. *Transport, mining and construction engineering: science and production*, 2023, no. 20, pp. 40–45, DOI: 10.26160/2658-3305-2023-20-40-45. (in Russ.)
21. Tereshchenko V. G. *Fundamental'nyye osnovy mekhaniki (Fundamentals of Mechanics), Materials from the VIII International Scientific and Practical Conference*, October 20, 2023, St. Petersburg, 2023, no. 12, pp. 166, https://doi.org/10.26160/2542-0127-2023-12-23-27.

DATA ON AUTHOR

Vladimir G. Tereshchenko — PhD, Associate Professor; North Caucasus Federal University, Engineering Institute, Department of Technical Operation of Vehicles; Associate Professor; E-mail: tereshvg@yandex.ru

Received 15.12.2023; approved after reviewing 20.12.2023; accepted for publication 22.03.2024.